

重型柴油车排放远程监控系统设计与应用

刘加昂¹, 张妮¹, 刘树成¹, 伊飞^{2*}

1. 山东省机动车排气污染监控中心, 山东 济南 250102; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012

摘要:为实时监测运营中重型柴油车的排气污染情况,设计重型柴油车排放远程监控系统。在分析现有监控系统特点的基础上,研究系统设计思路、系统总体架构及主要功能,确定系统整体架构为数据接入层、数据分析层、数据存储层、业务分析层以及功能展现层并进行实际应用。结果表明:该远程监控系统在车辆道路实际NO_x排放分析、黑加油站溯源、车辆“黑名单”“白名单”管控等方面应用效果较好,可实现车辆监控、车辆报警管理、智慧化管控分析、数据融合分析等功能。

关键词:重型柴油车;排放;远程监控系统;系统应用

中图分类号:X831

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2023)03-0039-05

引用格式:刘加昂,张妮,刘树成,等. 重型柴油车排放远程监控系统设计与应用[J]. 内燃机与动力装置,2023,40(3):39-43.

LIU Jiaang, ZHANG Ni, LIU Shucheng, et al. Design and application of remote emission monitoring system for heavy-duty diesel vehicles[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2023,40(3):39-43.

0 引言

随着人们对环境保护的日益重视,重型柴油车排放标准不断升级,对重型柴油车排放监控更加严格。目前,生态环境主管部门对在用重型柴油车的监管手段主要有机动车定期排放检验、路检路查、集中停放地抽测、遥感监测等^[1-2]。机动车定期排放检验、路检路查和集中停放地抽测是一种有效检测重型柴油车排放状况的手段,但都限于在特定工况下检测车辆当时的排放情况;机动车遥感监测是一种新兴的车辆污染物监测手段,可以检验车辆通过监测点位的排放情况,但限于在固定点位测量,不能长期反映车辆的实际排放情况,并且每个点位的安装和运维费用较高。面对日益增长的重型柴油车保有量,重型柴油车污染排放总量居高不下,由于监管人员数量和技术手段有限,监管效果不理想,亟需全过程监控重型柴油车的排放情况。本文中在分析现有监控系统特点的基础上,研究重型柴油车排放远程监控系统设计思路,确定系统建设框架和功能,并就系统的应用提出建议,实现有效监控重型柴油车实际运行状态和排放污染状况、提高监管效率的目的。

1 远程监控系统设计

1.1 系统设计思路

按照国五重型柴油车监控数据由市级生态环境部门向省级、省级向国家级传输,国六重型柴油车监

收稿日期:2023-03-07

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2020QF063)

第一作者简介:刘加昂(1992—),男,山东济宁人,工学硕士,工程师,主要研究方向为移动源污染物排放监控及管理,E-mail:876042121@qq.com。

*通信作者简介:伊飞(1988—),男,山东临沂人,工程师,主要研究方向为机动车及非道路移动机械污染物排放监控与管理,E-mail:335647956@qq.com。

控数据由车辆生产企业向国家级传输、国家级向省级、省级向市级共享的模式^[3-4],依据文献[5-7]等标准协议,采集车辆的发动机数据流、车载排放诊断系统(on board diagnostics, OBD)监控数据^[8-9]、车辆定位等信息,并将信息发送到生态环境主管部门,为管理人员提供数据分析与应用等技术支撑服务。远程监控数据传输框架如图1所示。在用的国五重型柴油车采用后装车载终端的形式,通过4G移动网络,以TCP/IP网络控制协议作为底层通信承载协议,采集监控数据^[10]。国六重型柴油车出厂时已安装车载终端,按照国家标准有关要求将监控数据发送到国家监控系统,由省级监控系统根据车辆车籍、使用地等信息,请求共享国家监控系统数据。

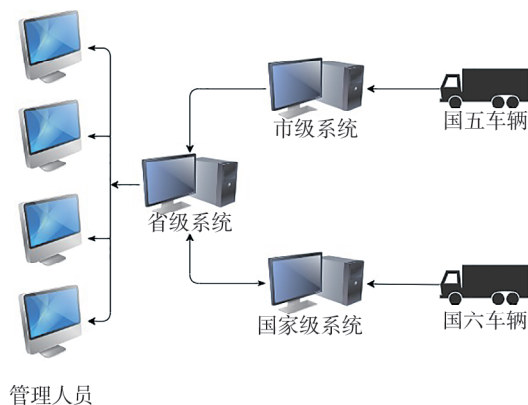


图1 远程监控数据传输框架

1.2 系统架构设计

重型柴油车排放远程监控系统以数据标准规范体系和安全保障机制为基础,将3/N层架构与“框架+插件”架构2种典型架构形式相融合^[11],采用时序型数据库和分析型数据库2种数据库集群方式,有效保证快速查询、读取、分析存储的监控数据^[12]。重型柴油车车载排放远程监控系统拓扑结构如图2所示。

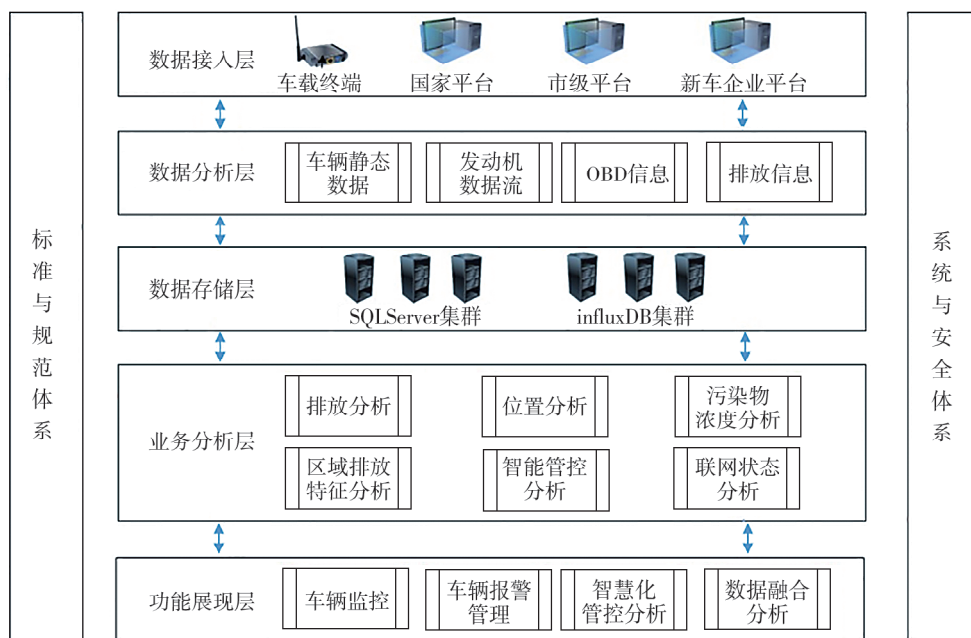


图2 重型柴油车排放远程监控系统拓扑结构

监控系统整体架构分为数据接入层、数据分析层、数据存储层、业务分析层和功能展现层。数据接入层提供车载终端、国家系统、市级系统、车辆生产企业系统等多系统接入能力;数据分析层将车辆静态信息、发动机数据流信息、OBD信息等信息分类存储在特定数据库;数据存储层采用高性能计算集群技术;业务分析层包括排放分析、位置分析、污染物浓度分析、区域排放特征分析、智能管控分析以及联网状态分析等功能;功能展现层包括车辆监控模块、车辆报警管理模块、智慧化管控模块及数据融合分析4个模块。

1.3 系统功能设计

依托地理信息系统(geographic information system, GIS)、云计算和大数据分析技术,实现车辆报警管理,自动分析监控数据传输状态以及计算日均 NO_x ,甄别连续离线超30 d和日均 NO_x 排放体积分数大于 900×10^{-6} 的车辆,实现监控终端拆除预警功能和 NO_x 排放超标报警功能,为管理决策、高排放车辆分析

和监控终端运维情况评估提供有力数据支撑。利用数据共享与整合技术,实现智慧管控分析和遥感遥测、机动车环检数据的融合分析等。

2 监控系统应用

2.1 车辆道路行驶 NO_x 排放分析

利用机动车排放因子计算的 NO_x 排放不能反映车辆实际道路排放,便携式排放测量系统 (portable emission measurement system, PEMS) 试验测量 NO_x 排放需要花费较大的人力和财力资源^[13]。为此,本文中基于文献[3]推荐的 NO_x 评估计算模型,根据某个时间点车辆发动机实际运行工况(基于车辆 OBD 系统读取数据),构建车辆道路行驶 NO_x 计算模型。

车辆燃料质量流量 $q_{m,f} = \rho q_{V,f}$, 其中: $q_{V,f}$ 为车辆燃料体积流量; ρ 为柴油密度。车辆原始湿基排气质量流量 $q_{m,A} = q_{m,A,I} + q_{m,f}$, 其中 $q_{m,A,I}$ 为车辆进气质量流量。NO_x 质量流量 $q_{m,N} = 0.001\ 587\ q_{m,A} w(\text{NO}_x)$, 其中: $w(\text{NO}_x)$ 为车辆原始排气中 NO_x 的体积分数。基于全时段车辆的 OBD 远程监控数据,计算每个统计时间点的车辆道路行驶 NO_x 排放质量流量,结合整个统计时间区间,计算全时段重型柴油车 NO_x 排放

$$m = \sum_{i=1}^n q_{m,N,i} t_i, \tag{1}$$

式中: $q_{m,N,i}$ 为第 i 个采集时间段 NO_x 质量流量, kg/h, t_i 为某个 OBD 数据采集时间段时间, s; n 为采集时间样本数。

在山东省重型车排放远程监控系统中随机选取 20 辆典型品牌的重型柴油车,车辆信息如表 1 所示。利用式(1)分析计算车辆自 2022 年 9 月 1 日至 2023 年 3 月 1 日的实际道路 NO_x 排放情况,结果如图 3 所示。

表 1 抽样重型柴油车信息

序号	制造商识别代码	车辆型号	序号	制造商识别代码	车辆型号
1	L3A	YZ6120YLGK0Z	11	LFW	CA4250P66K24T1E5
2	L58	QCC4182D651	12	LJ1	HFC1043P91K4C2V
3	L5E	ZLJ5333JQZ25V	13	L53	NJA1240PPF56V
4	LA6	XMQ6135QYD5C	14	L5E	ZLJ5333JQZ25V
5	LZZ	ZZ3257N3647E1	15	LZG	SX4250XC4Q
6	LFN	CA1250P62K1L5T3E5	16	LXU	EQ5250XXYGD5D
7	LG6	DYQ3252D5CB	17	LBZ	ND5250ZLJZ13
8	LA7	ZB3160JPD9V	18	LZZ	WL5310GJBZZ31
9	LWU	KMC5042CCYA33D5	19	LA7	ZB1250UPQ2V
10	LRD	BJ4259SMFKB-AC	20	LZZ	CLY5317GJB30E57

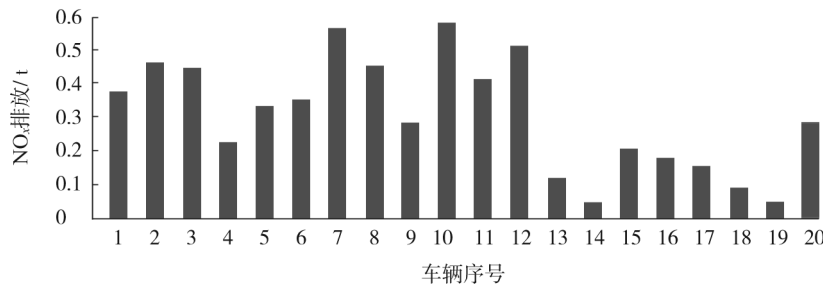


图 3 不同品牌重型柴油车实际道路 NO_x 排放

使用远程监控技术计算车辆实际道路排放情况,既有效解决了现阶段无快速计算车辆道路实际 NO_x 排放问题,同时也可模拟区域内实际行驶车辆 NO_x 排放情况,实现了车辆 NO_x 排放由根据排放因子静态模拟向实时动态计算的转变,实现区域车辆实际 NO_x 排放实时测算。进一步扩大样本分析数量,可精确计算在用国五重型柴油车的排放情况,结合区域环境空气质量站点测量的 NO_x 排放,进一步分析重型柴油车对环境空气污染的影响。

2.2 溯源黑加油站

基于数据挖掘技术,根据远程监控的车辆燃料箱液位,精确判断车辆加油行为,结合车辆位置信息,构建车辆燃料加注点分析模型。为实现多维度评价车辆加注燃料的品质,甄别黑加油站,采用2种方法进行分析:1)分析车辆加注燃料前后污染物排放变化,若污染物排放明显升高,将该车辆燃料加注点标记为疑似黑加油站;2)基于GIS技术和合法在营加油站数据库,分析车辆燃料加注点周边合法在营加油站情况,若该点位周边无合法加油站备案,将该车辆燃料加注点标记为疑似黑加油站或流动加油站。

以山东省某地车辆加油情况分析为例,系统自动分析出8处疑似黑加油站或流动加油站,将该线索移交给相关执法部门。经核实,疑似点1、2、4、6、8现场发现黑加油站或流动加油站,疑似点3、5未发现有关违法行为,疑似点7发现一座刚备案合法的自备加油罐。实际应用表明,利用远程监控融合分析技术可为执法人员提供问题线索,解决了黑加油站的甄别难题,实现执法由“面”向“点”转变,执法人员可以针对性地选取执法点位,采取定点燃料抽测和突击检查的形式,打击黑加油站或黑流动加油车等违法行为。

2.3 “白名单”“黑名单”管控

按照文献[10]的要求向生态环境主管部门实时上报相关排放数据的车辆,根据数据上报情况可免于环保上线检验。

基于文献[14-15],利用大数据和云计算技术,对在线车辆进行筛选,对满足以下条件的车辆实施“白名单”管理措施:1)在一个排放检验周期内,日均 NO_x 排放不超过限值(国五柴油车尾气中 NO_x 体积分数限值为 900×10^{-6} ,国六柴油车尾气中 NO_x 质量分数限值为 50×10^{-6});2)在一个排放检验周期内,国五、国六柴油车日均 NO_x 排放分别不大于 200×10^{-6} 、 50×10^{-6} 的在线时间,不少于在线总时间的75%;3)远程监控数据与车辆实际运行数据一致。纳入“白名单”管理的车辆,免除其定期排放检验中的上线检测环节,为车辆年审提速,减轻用车经济成本。

若车辆连续超过30d离线,或连续5d日均 NO_x 排放超过限值,或远程监控数据与车辆实际运行数据一致,则纳入“黑名单”管控,在监督抽测环节加强抽测频次,在重污染天气应急或重点时段减少其使用频次,降低 NO_x 排放。

2022年11月8日,文献[15]发布,要求创新重型柴油车远程监控数据应用,建立重型柴油车远程监控“黑白名单”管理制度,“白名单”管理突出惠民,“黑名单”管理重在严查,以重型柴油车远程监控系统建设助力经济社会高质量发展。

3 结束语

在分析现有监控系统特点的基础上,设计山东省重型柴油车排放远程监控系统。系统架构分为数据接入层、数据分类层、数据存储层、业务分析层、功能展现层5个层次,包括车辆监控管理、车辆报警管理、智慧管控分析、数据融合分析、数据集成管理等功能模块,可以帮助监管人员高效利用监控数据,科学分析监控数据,深入挖掘监控数据价值,为监管决策提供可靠数据支撑。此外,本文中还为车辆道路行驶 NO_x 排放分析、黑加油站溯源、车辆“黑名单”“白名单”管控等方面远程监控数据的应用提出建议,有利于充分发挥远程监控系统的作用,多维度扩展远程监控数据的应用范围,有效监控重型柴油车实际运行状态和排放污染情况,提高监管效率。

参考文献:

- [1] 孟茜. 遥感技术在机动车排气检测和监管中的应用[J]. 当代化工研究, 2022(2):96-98.
- [2] 胡艳琦,张丁楠. 关于机动车环保检验机构内部管理的探讨[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(增刊1):477-479.
- [3] 生态环境部,国家市场监督管理总局. 重型柴油车污染物排放限值及测量方法:GB 17691—2018 [S]. 北京:中国环境出版集团有限公司, 2018.
- [4] 生态环境部. 重型车排放远程监控技术规范:第1部分:车载终端:HJ 1239.1—2021[S]. 北京:中国标准出版社, 2021.
- [5] International Organization for Standardization. Road Vehicles ;Diagnostics on Controller Area Networks (CAN) ;Part 4: Requirements for emissions-related systems;ISO 15765.4—2021[S]. Geneva, Switzerland;ISO, 2021.
- [6] SAE International. Recommended Practices for a Serial Control and Communication Vehicle Network;J1939—2005[S]. Detroit, USA;SAE International, 2005.
- [7] International Organization for Standardization. Road vehicles ;implementation of world-wide harmonized on-board diagnostics (WWH-OBDD) communication requirements ;part 6 ;external test equipment ;ISO 27145-6—2015[S]. Geneva, Switzerland ; ISO, 2015.
- [8] 张栋才. 基于CAN和OBD-II的车载数据采集与信息交互终端开发[D]. 重庆:重庆大学,2019.
- [9] 杨楠,谢冠星,肖雨琳. 基于OBD和GPS的车载终端系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2018, 37(6):60-64.
- [10] 生态环境部. 柴油车污染物排放限值及测量方法(自由加速及加载减速法):GB 3847—2018[S]. 北京:中国环境出版集团有限公司, 2019.
- [11] 胡宁. 基于B/S架构的材料搜索平台的设计与研究[D]. 上海:复旦大学,2008.
- [12] 钱枫,刘梦杰,王明达,等. 基于分布式微服务架构的重型车污染物排放监管平台[J]. 计算机系统应用, 2022, 31(5):94-101.
- [13] 黄成,陈长虹,景启国,等. 重型柴油车实际道路排放与行驶工况的相关性研究[J]. 环境科学学报, 2007(2):177-184.
- [14] 山东省生态环境厅. 重型柴油车车载排放远程监控技术规范:DB 37/T 4505—2022[S]. 北京:中国环境出版集团有限公司, 2022.
- [15] 山东省生态环境厅,山东省公安厅. 关于进一步做好重型柴油车远程监控有关工作的通知[Z/OL]. (2022-11-08) [2023-02-07]. http://xxgk.sdein.gov.cn/zfwj/lhf/202211/t20221111_4128584.html.

Design and application of remote emission monitoring system for heavy-duty diesel vehicles

LIU Jiaang¹, ZHANG Ni¹, LIU Shucheng¹, YI Fei^{2*}

1. Shandong Motor Vehicle Exhaust Pollution Monitoring Center, Jinan 250102, China;

2. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract: To monitor the exhaust pollution of heavy-duty diesel vehicles in real-time, a remote monitoring system for heavy-duty diesel vehicle emissions is designed. On the basis of analyzing the characteristics of existing monitoring systems, the system design concept, overall system architecture, and main functions are studied. The overall system architecture is determined to be the data access layer, data analysis layer, data storage layer, business analysis layer, and function presentation layer, and practical applications are carried out. The results indicate that the remote monitoring system has good application effects for analyzing the actual NO_x emissions of vehicles on the road, tracing the source of black refueling stations, and controlling the "black list" and "white list" of vehicles. It can achieve functions such as vehicle monitoring, vehicle alarm management, intelligent control analysis, and data fusion analysis.

Keywords: heavy-duty diesel vehicle; emission; remote monitoring system; system application

(责任编辑:郎伟锋)